

Fenolinių junginių ir antocianinų kiekis nokstant avietėms

Pranas Viškelis

Lietuvos sodininkystės ir daržininkystės institutas, Kauno 30, LT-54333 Babtai, Kauno raj.;
biochem@lsdi.lt

Ramunė Bobinaitė

Kauno technologijos universitetas, Radvilėnų pl. 19, LT-50254 Kaunas;
ramune.bobinaite@stud.ktu.lt

Tirtas biologiškai aktyvių junginių kitimas nokstant raudonosios avietės 'Willamette' (*Rubus idaeus*) ir juodosios avietės 'Bristol' (*Rubus occidentalis*) uogoms. Bioaktyvių junginių kiekis labai skyrėsi priklausomai nuo genotipo ir uogų sunokimo.

Nokstant 'Willamette' uogoms jose mažėja askorbo rūgšties kiekis. 'Bristol' veislės uogose jos kiekis nokimo metu beveik nekinta. Nokstant uogoms sparčiai didėja antocianinų kiekis jose. Sunokusiose abiejų veislių uogose askorbo rūgšties atitinkamai rasta 14,4 ir 13,6 mg/100g. 'Willamette' uogose jų kiekis nuo 3,2 mg/100g nokimo pradžioje padidėja iki 63 mg/100g sunokusiose uogose, o 'Bristol' veislės uogose – nuo 58,8 iki 325,6 mg/100g. Daugiau fenolinių junginių sukaupia juodosios avietės. Bendras fenolinių junginių kiekis nokstant raudonosioms 'Willamette' avietėms statistiškai patikimai nekinta. Abiejų veislių uogų sunokimo laipsnis beveik neturi įtakos DPPH* radikalų sujungimo aktyvumui.

Raktažodžiai: avietės, antioksidantai, fenoliniai junginiai, antocianinai, askorbo rūgštis.

Įvadas

Epidemiologiniais tyrimais nustatyta, kad valgant daugiau vaisių ir daržovių sumažėja rizika susirgti kai kuriomis vėžio, širdies ir kraujagyslių ligomis bei cukriniu diabetu [1, 2]. Šis teigiamas poveikis sveikatai siejamas su vaisiuose bei daržovėse esančiais natūraliais antioksidantais, karotinoidais, vitaminais bei fenoliniais junginiais [3]. Pasaulio sveikatos organizacijos (WHO) 2005 m. ataskaitoje teigiama, kad uogose ypač gausu natūralių antioksidantų, teigiamai veikiančių žmogaus sveikatą [4].

Aviečių uogos ne tik aromatingos, išsiskiria geru skoniu, bet turi ir didelį kiekį fenolinių junginių bei vitamino C. Taigi, jos yra puikus natūralių antioksidantų šaltinis [5]. Pagrindiniai aviečių uogose aptinkami antioksidantai – antocianinai, elago rūgštis ir jos dariniai bei proantocianidinų tipo taninai [6]. Šiuo metu mokslininkai ypač domisi elago rūgštimi. Elago rūgšties yra įvairiuose vaisiuose, tačiau avietėse ir gervuogėse jos koncentracija ypač didelė [7]. Nustatyta, kad elago rūgštis pasižymi priešvėžiniu aktyvumu blokuodama įvairias reakcijas ir medžiagų apykaitos procesus, skatinančius vėžinių ląstelių atsiradimą [8].

Aviečių veislių biocheminė sudėtis tirta tiek Lietuvoje [9], tiek ir kitose šalyse [10, 11], tačiau biologiškai aktyvių medžiagų metabolizmas nokstant aviečių uogoms mūsų duomenimis Lietuvoje

netirtas, o kitose šalyse tirtas mažai [6, 12]. Žinoti cheminę sudėtį įvairiais uogų brendimo tarpsniais labai svarbu norint suprasti biocheminius ir fiziologinius aviečių uogų vystymosi aspektus, o taip pat modeliuojant technologinius procesus bei kuriant funkcionalaus maisto receptūras, ieškant specifinių bioaktyvių medžiagų funkcionaliems maisto produktams, natūraliems maisto priedams ir farmacijos pramonei.

Tyrimo tikslas – ištirti biologiškai aktyvių medžiagų kitimą aviečių uogose jų nokimo metu.

Tyrimo objektai ir metodai

Tyrimams pasirinktos Lietuvoje paplitusios 'Willamette' ir perspektyvios 'Bristol' veislių avietės. Tirtos aviečių veislės priklauso skirtingoms rūšims: 'Willamette' yra raudonoji avietė (*Rubus idaeus*), o 'Bristol' – juodoji avietė (*Rubus occidentalis*).

Tyrimams uogos rinktos Lietuvos sodininkystės ir daržininkystės instituto kolekcijoje, avietynei prižiūreti pagal priimtas intensyvias auginimo technologijas [13].

Aviečių uogos skintos skirtingos brandos tarpsniuose:

- I – nokimo pradžia;
- II – prieš techninę brandą;
- III – techninė branda;
- IV – vartotojiška branda.

Askorbo rūgšties kiekis nustatytas titruojant 2,6-dichlorfenolindofenolio natrio druskos tirpalu, naudojant chloroformą (intensyviai spalvotoms ištraukoms) [14].

Bendras fenolinių junginių kiekis aviečių uogų ekstraktuose nustatytas su Folin-Ciocalteu reagentu taikant Slinkard ir Singleton metodą [15]. Tyrimui buvo paruošti standartiniai galo rūgšties 0,024, 0,075, 0,105, 0,3 mg/ml koncentracijos etanoliniai tirpalai. 1ml kiekvienos koncentracijos galo rūgšties tirpalo sumaišytas su 5 ml paruošto Folin-Ciocalteu reagento (reagentas paruoštas skiedžiant jį su distiliuotu vandeniu 1:10) ir įdedant 4 ml Na₂CO₃ 7,5 % vandeninio tirpalo. Visų mėginių absorbcija matuota spektrofotometru Cintra 202 (Scientific Equipment, Australija) esant bangos ilgiui 765 nm po 60 min kambario temperatūroje. Fenolinių junginių kiekiui nustatyti paimtas 1ml metanolinio ekstrakto (tyrimui atlikti naudotas tas pats ekstraktas kaip ir antocianinų kiekiui nustatyti). Pagal kalibravimo kreivę apskaičiuotas bendras fenolinių junginių kiekis išreikštas miligramais galo rūgšties ekvivalentų 100 gramų uogų.

Bendras antocianinų kiekis, išreikštas vyraujančiu cianidin-3-gliukozidu [16], nustatytas spektrofotometriškai. Šviežios uogos (5 g) sutrintos grūstuvėlyje su kvarciniu smėliu ir ekstrahuotos 100 ml parūgštinto metanolio (0,1 mol/l HCl) porcijomis, kol nebelieka spalvos [17]. Ekstraktas praskiestas ir matuota absorbcija esant bangos ilgiui 535 nm spektrofotometru Genesis 10 UV (Thermo Spectronic, Rochester USA). Antocianinų koncentracija apskaičiuota taikant cianidin-3-gliukozido moliarinį absorbcijos koeficientą.

Antioksidacinis aktyvumas nustatytas naudojant stabilų 2,2-Difenil-1-pikirilhidrazilo hidrato (DPPH•) radikalą spektrofotometriškai pagal Brand-Williams ir kt. metodą [18]. Tyrimui DPPH• reagento metanolinis tirpalas 6×10^{-5} M, buvo ruošiamas kasdien prieš matuojant spektrofotometru Genesis 10 UV (Thermo Spectronic, Rochester USA). Matavimams atlikti 1 cm kvarcinėje kiuvetėje sumaišoma 20 µl žinomos koncentracijos metanolinio aviečių ekstrakto ir 2 ml paruošto DPPH• reagento metanolinio tirpalo. Absorbcijos kitimas matuotas esant 515 nm bangos ilgiui 30 min.

Gauti duomenys įvertinti statistiškai programa ANOVA for EXCEL vers. 3.44, STATENG for EXCEL vers. 1.5 [19].

Rezultatai ir jų apibendrinimas

Askorbo rūgšties kiekis pradėjusiose nokti 'Willamette' uogose buvo 26,8 mg/100 g, tačiau, nokstant avietėms jis mažėjo ir vartotojiškoje brandoje, sumažėjęs beveik du kartus, siekė 14,4 mg/100 g (1 pav.). Analogiška askorbo rūgšties

mažėjimo tendencija nustatyta ir nokstant juodųjų serbentų uogoms [20]. Tuo tarpu pradėjusiose nokti juodosiose 'Bristol' avietėse askorbo rūgšties buvo sukaupta mažiau, tik 8,6 mg/100 g. Nokstant uogoms askorbo rūgšties kiekis, priešingai negu 'Willamette' uogose, šiek tiek padidėjo, tačiau vartotojiškoje brandoje vėl sumažėjo (1 pav.). Vartotojiškoje brandoje tiek raudonųjų 'Willamette', tiek ir juodųjų 'Bristol' aviečių uogose askorbo rūgšties kiekis tapo beveik vienodas ir atitinkamai siekė 14,4 ir 13,6 mg/100 g.

Remiantis literatūriniais šaltiniais bendras antocianinų kiekis yra pagrindinis kriterijus, skiriantis raudonąsias avietes nuo juodųjų. Sunokusiose raudonųjų aviečių (*R. idaeus*) uogose aptinkama nuo 23 iki 59 mg/100 g antocianinų, o juodųjų aviečių (*R. occidentalis*) uogose – 214÷428 mg/100 g [21]. Mūsų gauti duomenys buvo panašūs.

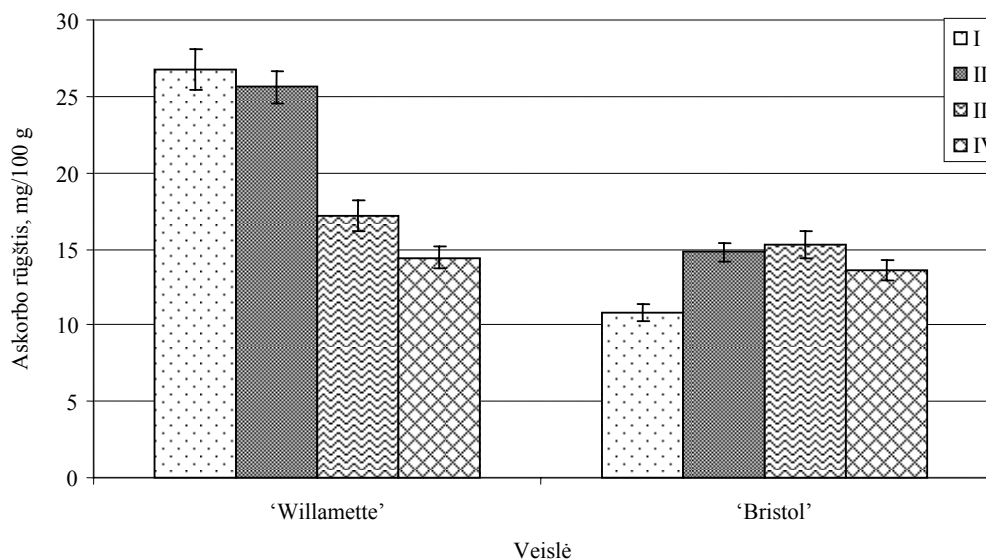
Nokstant aviečių uogoms jose sparčiai didėja antocianinų kiekis. 'Willamette' avietėse antocianinų kiekis nuo 3,2 mg/100 g nokimo pradžioje padidėjo iki 63,0 mg/100 g sunokusiose, vartotojiškos brandos uogose (2 pav.). Juodosios avietės 'Bristol' uogos jau nokimo pradžioje buvo sukaupę 58,8 mg/100 g antocianinų, o visiškai sunokusiose uogose jų rasta 325,6 mg/100 g. Taigi, antocianinų kiekis 'Bristol' uogų nokimo metu padidėjo 82 % ir beveik pasiekė techninės brandos juodųjų serbentų antocianinų kiekio vidurkį – 368 mg/100 g [22].

Aviečių uogos jau nokimo pradžioje turi labai daug fenolinių junginių: 546 mg/100 g 'Willamette' ir 702 mg/100 g 'Bristol' avietėse (3 pav.). Kaip ir antocianinų, taip ir fenolinių junginių juodosiose 'Bristol' avietėse yra daugiau, negu raudonosiose 'Willamette' uogose. Tačiau nokstant 'Willamette' uogoms fenolinių junginių kiekis statistiškai patikimai nesikeitė, tuo tarpu 'Bristol' avietėse jų kiekis nokimo metu padidėjo 20 % ir siekė 898 mg/100 g (3 pav.). Nokstant uogoms jose bespalvių fenolinių junginių kiekis mažėja didėjant spalvotų fenolinių proantocianidinų tipo taninų, tačiau didėja antocianinų kiekis ir įvairovė. Matyt, dėl to 'Willamette' uogose nokimo metu bendras fenolinių junginių kiekis nesikeitė, o 'Bristol' avietėse fenolinių junginių kiekis padidėjo, nes nokstant labai padidėjo antocianinų kiekis. Tai patvirtina stipri koreliacija ($r=0,91$), nustatyta tarp fenolinių junginių ir antocianinų kiekio juodosiose avietėse.

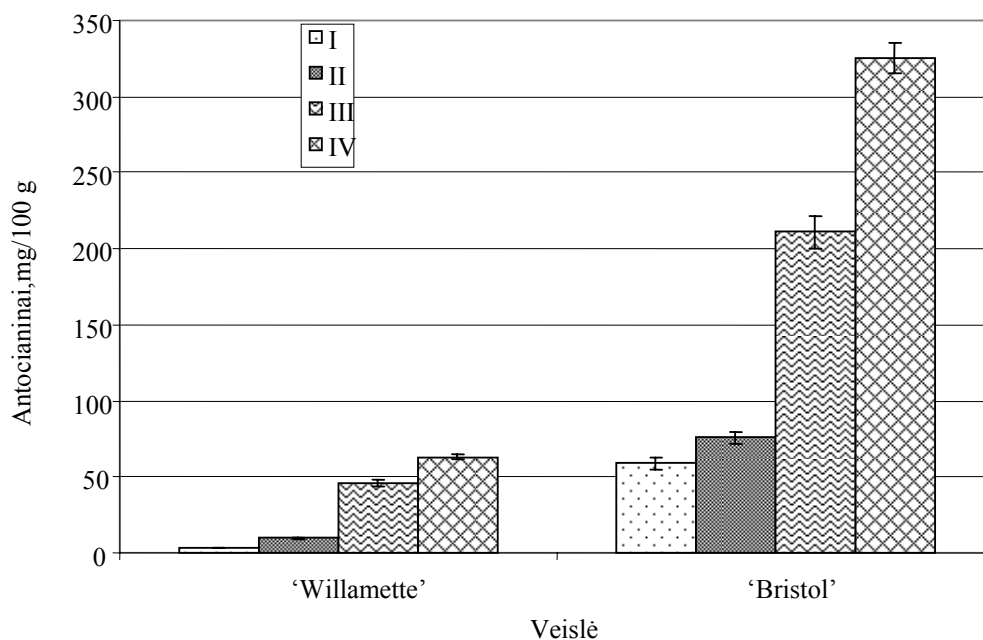
Fenolinių junginių turinčios uogos pasižymi antioksidacinėmis, antimikrobinėmis bei antiradikalinėmis savybėmis [23–25]. Siekiant įvertinti įvairių veislių skirtingos brandos aviečių uogų antiradikalines savybes, tirta DPPH• radikalų sujungimo kinetika, nustatant radikalų sujungimo

aktyvumą (RSA) (4 pav.). Aviečių ekstraktų DPPH* radikalų sujungimo aktyvumas mažesnis lyginant su juodaisiais serbentais, kur priklausomai nuo veislės RSA kito nuo 74,1 iki 80,6 %. Literatūros duomenimis egzistuoja stiprus teigiamas koreliacinis ryšys tarp augalinių ekstraktų RSA ir bendro fenolinių junginių kiekio juose [26]. Tačiau mūsų gautais duomenimis, nors juodosiose avietėse

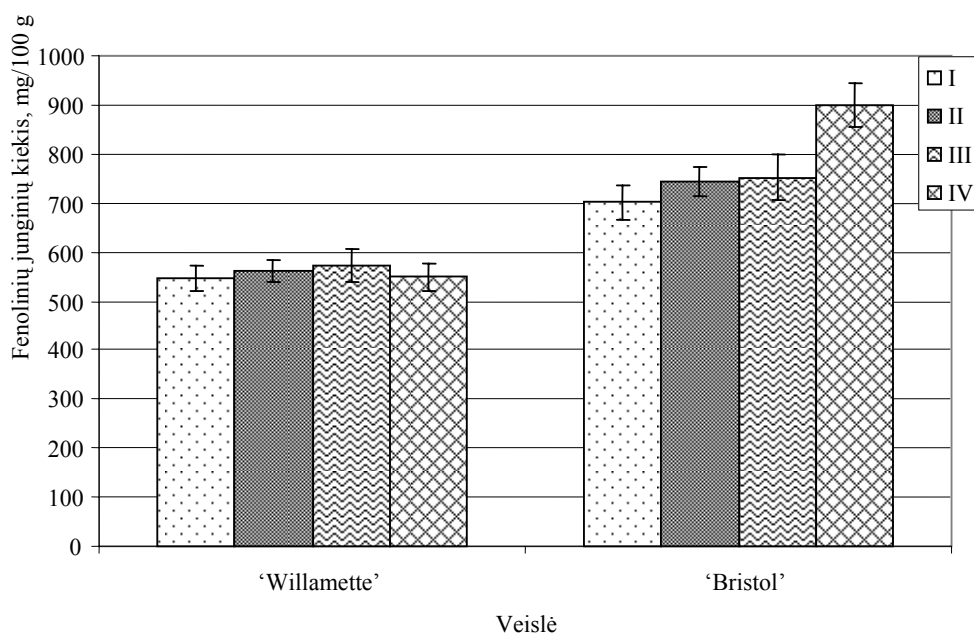
'Bristol' buvo sukaupta daugiau fenolinių junginių, abiejų veislių DPPH* radikalų sujungimo aktyvumas mažai skyrėsi. Matyt, gautus rezultatus galima paaikškinti tuo, kad įvairūs fenoliniai junginiai labai skiriasi radikalų sujungimo aktyvumu ir tirtos aviečių veislės skyrėsi jų kiekybine ir kokybine sudėtimi.



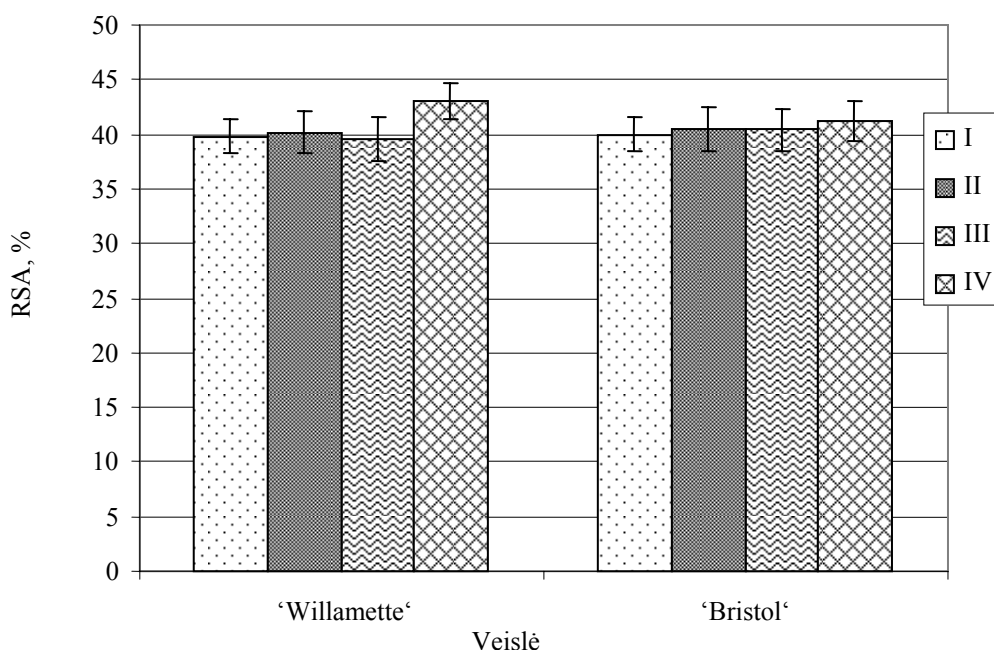
1 pav. Askorbo rūgšties kiekis įvairaus sunokimo aviečių uogose: I – nokimo pradžia, II – prieš techninę brandą, III – techninė branda, IV – vartotojiška branda



2 pav. Antocianinų kiekis įvairaus sunokimo aviečių uogose: I – nokimo pradžia, II – prieš techninę brandą, III – techninė branda, IV – vartotojiška branda



3 pav. Fenolinių junginių kiekis įvairaus sunokimo aviečių uogose: I – nokimo pradžia, II – prieš techninę brandą, III – techninė branda, IV – vartotojiška branda



4 pav. Skirtingo sunokimo 'Willamette' ir 'Bristol' uogų ekstraktų radikalų sujungimo aktyvumas: I – nokimo pradžia, II – prieš techninę brandą, III – techninė branda, IV – vartotojiška branda

Avietėms nokstant radikalų sujungimo aktyvumas šiek tiek didėjo, tačiau tai tik tendencija, kuri statistiškai nepatvirtinta. Kadangi nokimo metu antocianinų kiekis intensyviai didėjo, o RSA – ne, buvo stebima tik tendencija, todėl galima prielaida,

kad antocianinai nėra pagrindiniai junginiai, lemiantys radikalų sujungimo aktyvumą.

Išvados

1. Nokimo pradžioje raudonosios avietės 'Willamette' uogose askorbo rūgšties kiekis

didesnis negu juodosios avietės 'Bristol' uogose, atitinkamai 26,8 ir 8,6 mg/100 g. Vartotojiškos brandos tiek 'Willamette', tiek 'Bristol' aviečių uogose askorbo rūgšties kiekis panašus, atitinkamai 14,4 ir 13,6 mg/100 g.

- 'Bristol' aviečių uogos antocianinų sukaupia daugiau negu 'Willamette' uogos. 'Bristol' uogose jau nokimo pradžioje randama 58,8 mg/100 g antocianinų, o visiškai sunokusiose uogose – net 325,6 mg/100 g. Antocianinų kiekis 'Bristol' uogų nokimo metu padidėja šešis kartus ir pasiekia techninės brandos juodųjų serbentų antocianinų kiekio vidurkį – 368 mg/100 g.
- Aviečių uogos jau nokimo pradžioje turi labai daug fenolinių junginių: 546 mg/100 g 'Willamette' ir 702 mg/100 g 'Bristol' avietės. Kaip antocianinų, taip ir fenolinių junginių juodosiose 'Bristol' avietėse yra daugiau, negu raudonosiose 'Willamette' uogose, tačiau nokstant 'Willamette' uogoms fenolinių junginių kiekis statistiškai patikimai nesikeičia, tuo tarpu 'Bristol' avietėse – didėja ir visiškai sunokusiose uogose siekia 898 mg/100 g.

Padėka. Autoriai dėkingi Tarptautinių mokslo ir technologijų plėtros programų agentūrai už paramą vykdant projektą EUREKA E! 3490 HEALTHFOOD.

Literatūra

- Dillard C. J., German J. B.** Phytochemicals nutraceuticals and human health // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2000. Vol. 80. P. 1744–1756.
- Prior R. L., Cao G.** Antioxidant phytochemicals in fruits and vegetables: diet and health implications // *HortScience*. 2000. Vol. 35. P. 588–592.
- Liu R. H.** Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals // *American Journal of Clinical Nutrition*. 2003. Vol. 78, Suppl. 2. P. 517–520.
- Bazzano L. A.** Dietary intake of fruit and vegetables and risk of diabetes mellitus and cardiovascular diseases // *Background paper of the joint FAO/WHO Workshop on Fruit and Vegetables for Health*, 1–3 September, Kobe, Japan, 2005. 48 p.
- Mullen W., McGinn J., Lean M. E., MacLean M. R., Gardner P., Duthie G. G., Yokota T., Crozier A.** Ellagitannins, flavonoids, and other phenolics in red raspberries and their contribution to antioxidant capacity and vasorelaxation properties // *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 2002. Vol. 50. P. 5191–5196.
- Beekwilder J., Jonker H., Meesters P., Hall R. D., Van Der Meer I. M., De Vos C. H. R.** Antioxidants in raspberry: On-line analysis links antioxidant activity to a diversity of individual metabolites // *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 2005. Vol. 53. P. 3313–3320.
- Hakkinen S. H., Karenlampi S. O., Mykkanen H. M., Heinonen I. M., Torronen A. R.** Ellagic acid content in berries: influence of domestic processing and storage // *European Food Research Technology*. 2000. Vol. 212. P. 75–80.
- Vattem D. A., Shetty K.** Biological functionality of ellagic acid: a review // *Journal of Food Biochemistry*. 2005. Vol. 29. P. 234–266.
- Viškelis P., Rubinskiene M., Buskienė L., Bobinaitė R.** Lietuvoje auginamų aviečių uogų kokybė // *Sodininkystė ir daržininkystė*. 2006. T. 25(1). P. 74–80.
- Ancos B. E., Gonzalez E., Cano M. P.** Differentiation of raspberry varieties according to anthocyanin composition // *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung*. 1999. Vol. 208. P. 33–38.
- Pantelidis G. E., Vasilakakis M., Manganaris G. A., Diamantidis Gr.** Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and Cornelian cherries // *Food Chemistry*. 2007. Vol. 102. P. 777–783.
- Wang S. Y., Lin H. S.** Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and development stage // *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 2000. Vol. 48. P. 140–146.
- Intensyvios uoginių augalų auginimo technologijos. Sudarytojas N. Uselis. Baltai, 2000. 190 p.
- Ермаков А. И., Арасимович В. В., Ярош Н. П., Перуанский Ю. В., Луквникова Г. А., Иконникова М. И.** Методы биохимического исследования растений. Под ред. А. И. Ермакова. Ленинград, 1987. 431 с.
- Slinkard K., Singleton V. L.** Total phenol analysis: Automation and comparison with manual methods // *American Journal of Enology and Viticulture*. 1977. Vol. 28. P. 49–55.
- Boyles M. J., Wrolstad R. E.** Anthocyanin composition of red raspberry juice: influence of cultivar, processing and environmental factors // *Journal of Food Science*. 1993. Vol. 58. P. 1135–1141.
- Giusti M. M., Wrolstad R. E.** Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy // R. E. Wrolstad, T. E. Acree, H. An, E. A. Decker, M. H. Penner, D. S. Reid, S. J. Schwartz, C. F. Shoemaker, & P. Sporns (Eds.), *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. New York: Wiley, 2001, P. F1.2.1–F1.2.13.
- Brand-Williams W., Cuvelier M. E., Berset C.** Use of free radical method to evaluate antioxidant activity // *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*. 1995. Vol. 28. P. 25–30.
- Tarakanovas P., Raudonius S.** Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPLIT-PLOT // SELEKCIJA IR IRRISTAT. Akademija, 2003. 56 p.

20. **Rubinskiene M., Viskelis P., Jasutiene I., Duchovskis P., Bobinas C.** Changes in biologically active constituents during ripening in black currants // *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 2006. Vol. 14 (Suppl. 2). P. 237–246.
21. **Suthangthangjai W., Kajda P., Zebetakis I.** Effect of high hydrostatic pressure on the anthocyanins of raspberry (*Rubus idaeus*) // *Food Chemistry*. 2005. Vol. 90. P. 193–197.
22. **Rubinskiene M., Jasutiene I., Venskutonis P. R., Viskelis P.** HPLC Determination of the Composition and Stability of Blackcurrant Anthocyanins // *Journal of Chromatographic Science*. 2005. Vol. 43, No. 9. P. 478–482.
23. **Jasutienė I., Viškelis P., Šarkinas A., Rubinskienė M., Daubaras R., Česonienė L.** American Cranberry (*Vaccinium macrocarpon* Ait.) anthocyanins and their antioxidative and antimicrobial properties // *Pigments in Food – A Challenge to Life Sciences*. Eds. R. Carle, A. Schieber, F. Stintzing. Hohenheim University, Stuttgart, Germany, 2006. P. 119–121.
24. **Šarkinas A., Jasutienė I., Viškelis P.** Mėlynių, spanguolių ir juodųjų serbentų ekstraktų antimikrobinės savybės // *Sodininkystė ir daržininkystė*. 2005. T. 24, Nr. 4. P. 100–111.
25. **Nohynek L. J., Alakomi H. L., Kahkonen M. P., Heinonen M., Helender I. M., Oksman-Caldentey K. M., Puupponen-Pimia R. H.** Berry Phenolics: antimicrobial properties and mechanisms of action against severe human pathogens // *Nutrition and Cancer*. 2006. Vol. 54, No. 1. P. 18–32.
26. **Miliauskas G., Venskutonis P. R., Van Beek T. A.** Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts // *Food Chemistry*. 2004. Vol. 85. P. 231–237.

Pateikta spaudai 2007-10

P. Viškelis, R. Bobinaite

PHENOLIC COMPOUNDS AND ANTHOCYANINS CONTENT IN RASPBERRIES DURING RIPENING

Summary

Two raspberry cultivars, red raspberry 'Willamette' (*Rubus idaeus*) and black raspberry 'Bristol' (*Rubus occidentalis*) were assayed for bioactive compounds content. Both fruit ripeness and genetic factors were assessed.

The ascorbic acid content decreased almost by half during the ripening red raspberry cv. 'Willamette', while its content practically did not change during ripening

black raspberry cv. 'Bristol'. The ascorbic acid content in the overripe 'Willamette' berries was about the same as that in 'Bristol' berries in the same ripening stage (14.4 and 13.6 mg/100 g, respectively). The total anthocyanin content increased markedly with the maturity of the fruits. The total anthocyanins content increased from 3.2 to 63 mg/100 g from unripe to overripe stages for 'Willamette' raspberries and from 58.8 to 325.5 mg/100 g for 'Bristol' raspberries. The fruits of black raspberry cultivar had a higher total phenolics content. The change in total phenolics for 'Willamette' berries from unripe to overripe stages was not significant. For both cultivars, the fruit ripening stage hardly influenced DPPH* radical scavenging activity. The findings presented here suggest that the content of health-promoting compounds varies significantly in raspberries due to both fruit developmental and genetic factors.

Keywords: raspberry fruits, phenolics, anthocyanin, ascorbic acid, antioxidant.

П. Вишкялис, Р. Бобинайте

СОДЕРЖАНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И АНТОЦИАНИНОВ В СОЗРЕВАЮЩИХ ЯГОДАХ МАЛИНЫ

Резюме

Исследовали изменение биологически активных веществ во время созревания ягод красной малины 'Willamette' (*Rubus idaeus*) и чёрной малины 'Bristol' (*Rubus occidentalis*). Содержание биологически активных веществ зависит от генотипа и степени зрелости ягод малины.

Во время созревания в ягодах 'Willamette' содержание аскорбиновой кислоты уменьшается, а в ягодах чёрной малины 'Bristol' – практически не изменяется. В зрелых ягодах 'Willamette' и 'Bristol' содержание аскорбиновой кислоты практически одинаково, соответственно 14,4 и 13,6 мг/100 г. Во время созревания ягод содержание антоцианинов резко повышается. В ягодах 'Willamette' содержание антоцианинов от 3,2 мг/100 г в начале созревания возрастает до 63 мг/100 г в зрелых ягодах, в ягодах чёрной малины 'Bristol' – соответственно от 58,8 мг/100 г возрастает до 325,5 мг/100 г. Ягоды чёрной малины 'Bristol' накопили больше полифенолов по сравнению с ягодами красной малины 'Willamette'. Степень созревания обоих сортов малины практически не влияет на активность связывания DPPH* радикалов.